

『電気協同研究』第76巻第2号

架空送電設備の劣化対応技術

令和2年5月25日
一般社団法人 電気協同研究会

【発刊に際しての委員長推薦のことば】

架空送電設備の劣化対応技術調査専門委員会
委員長 石川 靖久

わが国の架空送電設備は、1950年代半ば以降の経済成長とともに、その設備量を急速に増大させてきた。そして、高度経済成長期から概ね50年が経過した現在、建設された設備の高経年化が徐々に進み劣化現象が顕在化してきた。

架空送電設備の劣化現象や劣化対応技術に関する文献は複数存在するが、これらは特定の部位や材料に特化したものが多く、構成部品全般を網羅した劣化現象については取りまとめられていない。また、架空送電設備の点検・診断・補修・改修技術を取りまとめた文献として、電気協同研究第60巻第1号「架空送電設備の補修・改修技術」（2004年9月）がある。しかし、発刊から15年以上が経過しており、この間に各種技術の発展により様々な新工法が開発・実用化されるとともに、ICT・IoTを始めとするデジタル技術の活用や研究も進んでいる。

このような状況を踏まえ、本書では、既設の架空送電設備で発生する「劣化・異常事象」を設備部位ごとに分類するとともに、これらを発見し劣化度合い・余寿命を評価する「点検・診断・劣化予測技術」、そして設備を健全な状態に回復・維持する「補修・長寿命化技術」を取りまとめた。さらに、研究開発中の将来技術や海外の劣化対応技術を調査し「今後の技術開発の展望」を考察した。

本書は、架空送電設備で顕在化している劣化現象と対応するための技術を幅広く記載している。架空送電設備の保全業務の手引として、また今後の技術開発の参考として、多くの方々にご活用いただくことを願っている。

【主な記載内容】

第1章「総説」

委員会の設立の経緯および研究の経過と概要を示すとともに、本研究の成果について要点を取りまとめている。

第2章「既設送電線の現状」

劣化対応技術を調査するにあたり、現状の設備実態と顕在化している劣化・異常事象を把握することが重要であるため、過去の文献にて調査された設備量と現在の設備量を比較し、設備更新の変遷および高経年化状況を解説している。また、昨今の電力需給状況を踏まえ、今後架空送電設備の劣化対応技術に求められる課題を考察している。

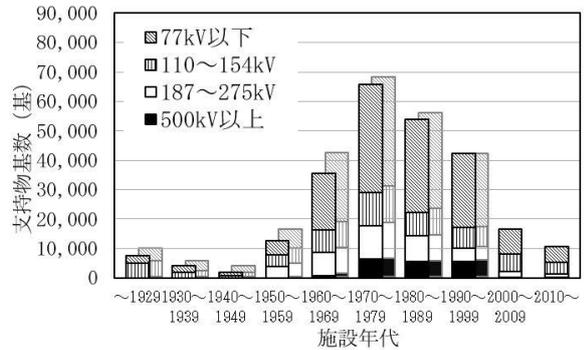


図1 電圧別支持物基数施設年代の経年推移 (前面：今回調査，背面：電協研60巻第1号)

第3章「劣化・異常事象」

顕在化している架空送電設備の劣化・異常事象について、事象別に発生メカニズムなどを写真や図を用いて解説している。調査対象とした架空送電設備は、基礎、鉄塔、鋼板組立柱（パンザーマスト）、鉄筋コンクリート柱、がいし、架線金具、電線・地線、そのほか付属品（電線付属品、着氷雪対策品、避雷装置）である。架空送電設備の付属品は様々なものが存在するが、電力安定供給・公衆保安の観点から、重要な設備かつ全国大で一般的に使用されている設備を対象とした。

(3) 発錆・腐食-異種金属接触腐食

(i) 発生メカニズム

通常、鉄塔や架線金具はめっきを施した鋼材相互を接続するため、異種金属接触腐食は生じないが、付属品などで異種金属の製品を使用した場合、著しい腐食を生じることがある。

*：自然腐食電位に差のある二種類の金属を接触して使用すると、異種金属間に働く電池作用により、腐食電位が低い（卑な）金属の腐食が促進され、腐食電位が高い（貴な）金属は腐食が抑制される（第3-2-2表）。この現象はガルバニック腐食とも呼ばれる。

第3-2-2表 金属素材における海水中の自然電位

卑な金属側 (腐食を促進)	亜鉛	アルミ	鉄	すず	銅	ステンレス	貴な金属側 (腐食を抑制)
腐食電位 (低)	<					腐食電位 (高)	

(ii) 主な発生箇所

異種の金属同士が接触している接触面

(iii) 発生状況



第3-2-4図 異種金属腐食事例（鋼材-ステンレス（防雀板）⁶⁾

図2 報告書記載内容例（異種金属接触腐食）

第4章「点検・診断・劣化予測技術」

各電力会社が現在使用している点検・診断・劣化予測技術ならびに開発中の新技術について、それらの概要を解説している。特に、一般的な劣化・異常事象に対しては、保全対応業務の流れも含めて解説している。さらに、今後の技術開発の方向性について考察している。

(1) 鉄塔鋼材の発錆・腐食 (図1)

発錆・腐食した部材は、減肉量を考慮した残存強度で部材強度が満足するかどうか判定する。所要強度を満足しない部材は補修や取り替えを実施する。経年による発錆・腐食では急激に減肉することはないため、巡視・点検などで劣化状態を把握しながら塗装時期を見極める必

要がある。各電力会社では色見本をもとに目視点検（地上・塔上・空撮画像）からめっき残存量や発錆程度を推定し、部材の所要強度を満足する場合、塗装要否判定および塗装計画へ反映（優先順位の決定）をしている。また、電磁膜厚計により残存めっき厚を定量的に評価し、塗装計画策定の一助とする場合もある。

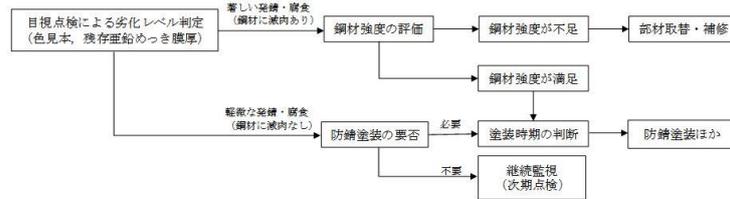


図3 報告書記載内容例 (部材の発錆・腐食の対応フロー)

(3) 画像診断による亜鉛めっき劣化度評価

(i) 目的

鋼構造物の劣化度について、画像の演算処理により定量的に評価する。

(ii) 適用範囲

未塗装で溶融亜鉛めっきが施された鉄塔

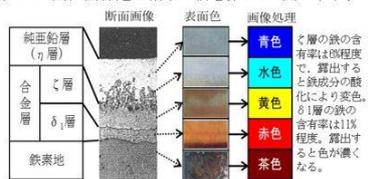
(iii) 原理・構造

溶融亜鉛めっきが経年減耗することで合金層が表れ、表面が灰色→褐色になる特性を活かし、めっき劣化度を以下のような高度画像処理により定量化する。

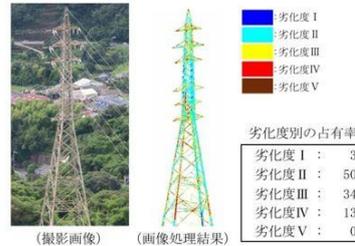
(a) 診断対象部材およびカラーサンプルの抽出を行って、自動しきい値設定により対象部材の劣化診断を行う。劣化診断は亜鉛めっきの露出層に応じた発錆の変色をカラー画像解析により評価し、劣化度の判定を行う。劣化度の判定は、あらかじめ定義された劣化度基準に基づいて客観的に行われる。

また、鋼管では曲率の影響が表れるため、曲率補正を行う。余寿命評価は、設定した環境別腐食速度と劣化度に対応する亜鉛めっきの換算膜厚値から算出する。

(b) めっき劣化度を5段階に区分して、その劣化度ごとの占有率を高度画像処理による溶融亜鉛めっき劣化判定システムにより算出する。めっき皮膜と画像処理の関係を第4-2-8図、画像処理結果の例を第4-2-9図に示す。



第4-2-8図 めっき皮膜と画像処理表示



第4-2-9図 送電鉄塔の画像処理結果

(iv) 施工方法

デジタルカメラを用いて画像処理に適した仕様（ホワイトバランスの補正や、データ圧縮なしのRAW形式など）のデジタル画像を撮影し、背景除去により必要部位のみを抽出した後、専用画像診断ソフトを使用して劣化レベルの判定処理を行い、診断結果（劣化度・劣化面積率・換算膜厚値・余寿命評価・CGなど）を出力する。

(v) 施工要員・施工時間

- ・施工要員：1人
- ・施工時間：3時間/基

(vi) 工法の課題

撮影ブレや天候不良により、画像処理精度に影響を及ぼすため、極力手ぶれがなく、晴天～曇りの天候で撮影を行う必要がある。

- *：特許第3648728号「自己組織化特徴マップを用いた鋼材表面の劣化度評価システム」、特許権者：日本電炉
- *：特許第3588892号「曲面を有する部材の腐食検出判定方法」、特許権者：巴コーポレーション

図4 報告書記載例 (画像診断による亜鉛めっき劣化度評価)

第5章「補修・長寿命化技術」

各電力会社が設備の劣化対応として使用している補修・長寿命化技術ならびに開発中の新技術について、それらの概要を解説している。さらに、今後の技術開発の方向性を考察している。

(d)小規模鉄塔の部材取替工法

(i)目的

塔体幅が狭い小規模な鉄塔では、工具を配置するスペースが狭く、パワフルサポータなどの既存工具の使用が困難であった。そのため、小規模な鉄塔では取り替える部材に合わせて仮設補強材を都度製造し、対象部材付近に取り付けてから部材取替を行っていたが、手間とコストが掛かっていた。

以上のことから、小規模な鉄塔の中空鋼管部材を簡易に取り替えることができる部材取替装置を開発した。

(ii)適用範囲

主柱材が次に示す鋼管である場合に適用が可能である。

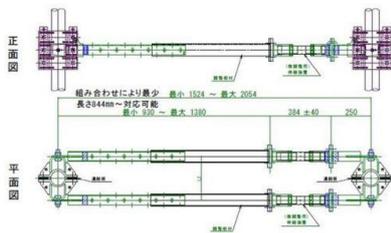
- ・管径：φ76.3～165.2mm
- ・部材長：844～2054mm

(iii)原理・構造

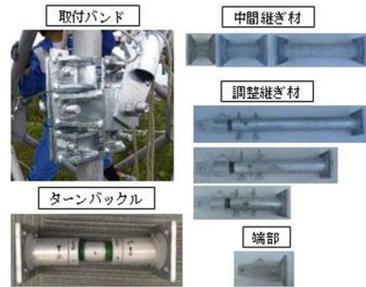
50mmピッチの長さ調節部と調節可能なターンバックル部および主柱材に取り付けるバンド（取付バンド）で構成される部材取替装置を用いる。

取り替える部材を挟み込むように部材取替装置を配置し、部材を取り替える。なお、装置を水平に設置する際、取付バンドを各主柱材に1個取り付けるが、第5-2-21図のように斜材に沿って斜めに取り付ける場合は上下の滑り荷重に耐えるため、3個連続して取り付ける必要がある。

装置構成図および主要部品を第5-2-19～20図に示す。



第5-2-19図 部材取替装置構成図⁷⁾



第5-2-20図 部材取替装置の主要部品⁷⁾

(iv)施工方法

本工法の一般的な施工手順は以下のとおり。

部材取替状況を第5-2-21図に示す。

- ①取り替える部材付近の主柱材に取付バンドを取り付ける。
- ②ターンバックルで長さ調整を行い、部材取替装置の本体を取り付ける。
- ③部材取替装置を設置後、部材を取り替える。
- ④取り付けと逆の手順で部材取替装置を撤去する。

(v)施工要員・施工時間

負荷系(66・77kV)の鉄塔で部材1本を取り替える場合は以下のとおり。

- ・施工要員：5人
- ・施工時間：30～60分/本

(vi)工法の課題

装置を斜材に沿って斜めに取り付ける際、上下への滑り荷重を考慮して取付バンドを3個連続して取り付ける必要があるが、プレートやステップボルトなどが干渉して取り付けができない場合があるため、取付バンドの小型化が望まれる。



第5-2-21図 小規模鉄塔の部材取替装置による部材取替状況⁷⁾

図5 報告書記載例（小規模鉄塔の部材取替）

第6章「海外の劣化対応技術」

海外の主要国における電力事業や架空送電設備の概要を紹介するとともに、架空送電設備の劣化対応技術に関する CIGRE (Conference International des Grands Réseaux Électriques : 国際大電力システム会議) パリ大会での発表論文(2004年～2018年)や技術報告書について、国内でも参考となる技術を抽出して記載している。

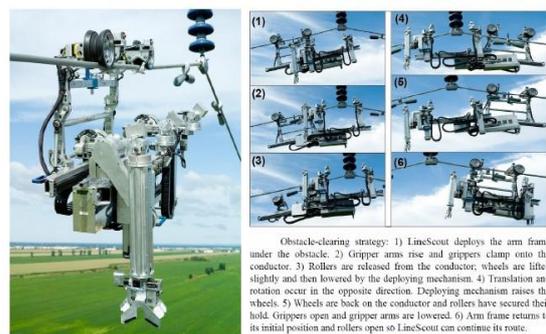


図6 多機能型ロボット (LineScout) の外観
[The figure reprinted with permission from CIGRE, ©2018]

第7章「今後の技術開発の展望」

中長期的な将来を見据え、経済的で効果的な設備保全だけでなく、さらなる効率化やコストダウン・設備運用の最適化の実現に向けて、劣化対応に求められる技術開発の方向性を考察している。

以上